

Relatie tussen Number-space Mapping, Visueel-ruimtelijk Werkgeheugen en Selectieve  
Aandacht

Masterthesis

Universiteit Utrecht

Masteropleiding Pedagogische Wetenschappen

Masterprogramma Orthopedagogiek

---

Namen: Suriëlle Demming BSc 3465543

Annelies van de Kolk BSc 3465756

Begeleider: J. E. van 't Noordende MSc

Tweede beoordelaar: Dr. C. van Nimwegen

Datum: 12 juni 2013

### Voorwoord

*Veni etinam. Tot hier ben ik gekomen.* Dit kunnen we beiden zeggen nu deze masterthesis voor u ligt. Het afgelopen jaar hebben wij onderzoek gedaan naar number-space mapping bij jonge kinderen. Graag willen wij nu meer te weten komen over de vroege ontwikkeling van kinderen, daar ons over de latere ontwikkeling al veel kennis is bijgebracht.

Een goede samenwerking heeft het mogelijk gemaakt dat wij met gepaste trots dit artikel aan u mogen presenteren. De vermaarde Shakespeare heeft het namelijk al gezegd: *Als je een beetje beter wilt zijn, wees dan competitief. Als je exponentieel beter wilt zijn, wees dan coöperatief.* Deze wijsheid in ogenschouw nemend, is onze samenwerking voorspoedig verlopen. In het verleden hebben wij reeds veel samengewerkt, waardoor wij volledig op elkaar ingespeeld zijn. Binnen het onderzoek heeft Suriëlle zich gespecialiseerd in de relatie tussen number-space mapping en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Zij heeft hier literatuurstudie naar gedaan, analyses uitgewerkt, resultaten beschreven en conclusies getrokken. Annelies heeft ditzelfde gedaan voor onderzoek naar het verband tussen number-space mapping en selectieve aandacht. Gezamenlijk hebben we alles ingebed in één verhaal. We zijn verheugd u het resultaat te kunnen voorleggen. Voorafgaand aan het onderzoek maten wij ons een strakke tijdsplanning aan, zodat wij aan het einde veel tijd zouden hebben voor het afronden. Dit hebben we niet kunnen realiseren door enkele onvoorziene tegenslagen binnen het onderzoek. Uiteindelijk is het echter gelukt het proces op tijd af te ronden.

Door het uitvoeren van dit onderzoek hebben we veel mogen leren. Graag willen wij Jaccoline van 't Noordende hiervoor bedanken. Bedankt voor je kritische blik en het altijd bereid zijn om antwoord te geven op onze vragen. Wij willen naar elkaar een woord van dank uitspreken. Annelies, bedankt voor je nauwkeurigheid en je niet aflatbare inzet. Ik ben dankbaar voor de gezellige uren waarin we samen hebben mogen werken aan dit prachtige resultaat. Suriëlle, bedankt voor je snelle, analytische blik en de gezellige samenwerking. Ik kijk tevreden terug op de momenten waarin we samengewerkt hebben. Verder willen wij onze familie bedanken. Ondanks dat jullie niet altijd wisten waar we mee bezig waren, wisten jullie ons steeds weer te motiveren om door te zetten. Henk, bedankt voor je steun en voor het feit dat je er altijd voor me was. We hopen in de toekomst hetzelfde motto te blijven hanteren als de Universiteit Utrecht: *Sol iustitiae illustra nos. Zonne der gerechtigheid, verlicht ons* (naar aanleiding van Maleachi 4:2).

### **Abstract**

The aim of this study is to examine if there is a relation between number-space mapping and visual-spatial working memory and selective attention. The following tasks are completed to investigate these three aspects: The Counting Task, the Six Boxes Task and the Visual Search Task. Independent-sample t-tests and One-way-Analyses of Variance showed no relation between number-space mapping and visual-spatial working memory, except a positive relation between the counting direction and visual-spatial working memory. Visual-spatial working memory is better developed in children counting from left to right than in children counting from right to left. Besides that, a relation between number-space mapping and selective attention is found. Selective attention is better developed in children without signals of number-space mapping at adding and subtracting than in children with these signals. Following research has to be focused on explicit number-space mapping to get a complete vision of the relation between number-space mapping and visual-spatial working memory.

*Keywords:* number-space mapping, visual-spatial working memory, selective attention

### **Samenvatting**

In deze studie is nagegaan of er een verband is tussen number-space mapping en visueel-ruimtelijk werkgeheugen en selectieve aandacht. Voor het meten van deze aspecten zijn de volgende tests afgenomen: De Teltaak, de Six Boxes Task en de Visual Search Task. Onafhankelijke T-tests en One-way-Analyses van Variantie (ANOVA's) hebben uitgewezen dat er geen verband is tussen number-space mapping en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, met uitzondering van een positief verband tussen de telrichting en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is beter ontwikkeld bij kinderen die van links naar rechts tellen dan bij kinderen die van rechts naar links tellen. Daarnaast is er een relatie gevonden tussen de totale number-space mapping en selectieve aandacht. Bij kinderen die weinig tot geen signalen tonen van number-space mapping bij het optellen en aftrekken is de selectieve aandacht beter ontwikkeld dan bij kinderen met signalen van number-space mapping betreffende optellen en aftrekken. In verder onderzoek zal expliciete number-space mapping meegenomen moeten worden om een breder beeld te krijgen van de relatie tussen number-space mapping en visueel-ruimtelijk werkgeheugen.

*Trefwoorden:* number-space mapping, visueel-ruimtelijk werkgeheugen, selectieve aandacht

### Theoretische inleiding

Reeds op jonge leeftijd leggen kinderen een relatie tussen representaties van getal en ruimte (De Hevia, Girelli, & Vallar, 2006; Fischer, 2001). Het leggen van een relatie tussen getal en ruimte wordt *number-space mapping* genoemd. Number-space mapping is van belang voor het voorspellen en structuren van de omgeving van elk individu (Dehaene & Brannon, 2010). De kennis van getal en ruimte draagt bij aan het begrijpen van de wereld. Daarnaast is een aantal centrale wiskundige vaardigheden afhankelijk van de relatie tussen representaties van getal en representaties van ruimte (De Hevia & Spelke, 2008). De mate waarin op jonge leeftijd een relatie gelegd kan worden tussen representaties van getal en representaties van ruimte, zou mogelijk latere wiskundige vaardigheden kunnen voorspellen (De Hevia & Spelke, 2008; Hubbard, Piazza, Pinel, & Deheane, 2005). Om de ontwikkeling van wiskundige vaardigheden goed te kunnen stimuleren, is vroege signalering van eventuele problemen op het gebied van number-space mapping van groot belang (Stock, Desoete, & Roeyers, 2010). Het is daarom belangrijk dat inzicht verkregen wordt in de relatie tussen getal en ruimte bij jonge kinderen. Om deze reden zal in huidig onderzoek gekeken worden naar mogelijke invloed van factoren op number-space mapping bij peuters: Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en de selectieve aandacht.

In number-space mapping is een impliciete en een expliciete vorm te onderscheiden. Expliciete number-space mapping betreft het vertalen van getallen in overeenkomstige ruimtelijke posities (Cappelletti, Freeman, & Cipolotti, 2007). Zo zal het getal 100 op een getallenlijn meer rechts worden gelokaliseerd, terwijl het getal 1 meer links van de getallenlijn wordt gelokaliseerd. Impliciete number-space mapping betreft het inzetten van numerieke representaties die onderdeel zijn van de mentale getallenlijn, wat van belang is bij het tellen (Siegler & Opfer, 2003). De mentale getallenlijn betreft de weergave van getallen in het brein volgens een getallenlijnconcept. Bij het tellen wordt er een beroep gedaan op de mentale getallenlijn, waarbij steeds het volgende getal in het brein wordt geactiveerd. Impliciete mapping kan zich uiten in het toepassen van links-rechts georiënteerde numerieke representaties dan wel rechts-links georiënteerde numerieke representaties. Wanneer de mentale representaties van getal en ruimte zich richting de volwassenheid ontwikkelen, ontwikkelt de mentale getallenlijn zich in westerse culturen van links naar rechts (Loetscher, Bockisch, & Brugger, 2008). Er is geen sprake van een consistent mentaal concept van een getallenlijn of een andere numerieke representatie wanneer bij het tellen van objecten de telrichting afgewisseld wordt (Opfer, Thompson, & Furlong, 2010).

Onderzoek suggereert dat lineaire representaties van getallen worden gevormd door een geïntegreerde weergave van omvang in het brein (De Hevia, Vallar, & Girelli, 2008; Moyer & Landauer, 1967). Daarmee wordt de relatie tussen getal en ruimte onderschreven. Er zijn verschillende hypothesen over de totstandkoming van deze geïntegreerde weergave van omvang. Het is mogelijk dat er sprake is van een gemeenschappelijke mentale functie waardoor getal en ruimte met elkaar verbonden worden (Gallistel & Gelman, 2000; Walsh, 2003). Kinderen van 8 maanden blijken reeds een relatie te leggen tussen getal en ruimte (De Hevia & Spelke, 2010). Er kan op voorschoolse leeftijd reeds sprake zijn van links-rechts georiënteerde number-space mapping (Opfer & Furlong, 2011; Opfer & Thompson, 2006). Zowel het leren door exploratie als factoren in het executief functioneren kunnen positief bijdragen aan de ontwikkeling van number-space mapping (Adolph, 1997). Het executief functioneren staat in relatie tot zowel exploratie als number-space mapping (Clearfield, 2004; De Hevia et al., 2008). Daarnaast onderschrijft wetenschappelijk onderzoek de totstandkoming van lineaire mentale representaties door blootstelling aan externe lineaire representaties van getallen (Siegler & Opfer, 2003). Deze ervaringen vinden vooral plaats door middel van reken- en wiskundeonderwijs, waarbij kinderen meetkundige vaardigheden worden bijgebracht. Tevens bevordert het lesonderwijs in westerse culturen de verwerking van kleinere getallen links en de verwerking van grotere getallen rechts (Zebian, 2005). Het is waarschijnlijk dat mondelinge en auditieve telervaringen leiden tot het leggen van associaties tussen getal en ruimte (Opfer et al., 2010). Mogelijk ontwikkelt het concept van getal en ruimte zich tot het hanteren van de telrichting van links naar rechts door deze telervaringen.

De pariëtale hersengebieden spelen bij het leggen van associaties tussen getal en ruimte een belangrijke rol. Ansari, Nicolas, Lucas, Hamon en Dhital (2005) concluderen uit neurologisch onderzoek dat deze hersengebieden geactiveerd worden wanneer kleuters ruimtelijke en numerieke taken voltooien. De pariëtale hersenen voeren verschillende functies uit, onder andere ruimtelijke oriëntatie en motoriek, executief functioneren en aandacht (Ansari & Dhital, 2006; Ansari et al., 2005). Vanwege de activatie van de pariëtale hersenen bij numerieke taken en haar verschillende functies kan verwacht worden dat er een relatie bestaat tussen number-space mapping, het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en de selectieve aandacht. In huidig onderzoek zal de spontane relatie die kinderen van 2 jaar en 7 maanden leggen tussen getal en ruimte vergeleken worden met de executieve functies visueel-ruimtelijk werkgeheugen en selectieve aandacht. Er zal gekeken worden of er een samenhang bestaat tussen de eerdergenoemde concepten.

### **Visueel-ruimtelijk werkgeheugen**

Het werkgeheugen maakt het mogelijk informatie tijdelijk te bewaren en te manipuleren tijdens complexe cognitieve activiteiten. Het werkgeheugen zorgt voor het oproepen en bereikbaar blijven van informatie om problemen op te lossen en situaties te begrijpen (Baddeley, Allen & Hitch, 2011). Het werkgeheugenmodel van Baddeley en Hitch (1974) bestaat oorspronkelijk uit drie componenten, waar later een vierde aan toegevoegd is (Baddeley, 2000). Het betreft de centrale executieve, het visuospatiële schetsblad, de fonologische lus en de toegevoegde episodische buffer. De centrale executieve controleert de aandacht over cognitieve processen (Repovs & Baddeley, 2006). Het visuospatiële schetsblad en de fonologische lus bieden hierbij ondersteuning door visuele informatie op te slaan en verbale en akoestische informatie te bewaren (Baddeley, 2000). De episodische buffer reguleert de interactie tussen het lange termijngeheugen en de centrale executieve (Baddeley et al., 2011). De samenwerking van de componenten leidt tot activiteit van het werkgeheugen.

Bij het ontwikkelen van rekenvaardigheden speelt het visueel-ruimtelijk werkgeheugen een belangrijke rol (Stevens & Bavalier, 2012). Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen maakt het mogelijk dat de relatie tussen getal en ruimte wordt gelegd. Mogelijk stelt een goed visueel-ruimtelijk werkgeheugen kinderen in staat om aantallen te herkennen, deze informatie te onthouden en te koppelen aan ruimtelijke representaties (De Hevia & Spelke, 2010). Onderzoek van Herrera, Macizo en Semenza (2008) toont aan dat het visueel-ruimtelijk werkgeheugen actief is tijdens de verwerking van ruimtelijke informatie die geassocieerd wordt met aantallen. Neuropsychologisch onderzoek laat zien dat processen die een beroep doen op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen nauw samenhangen met numerieke processen (De Hevia et al., 2008). Deze samenhang wordt mogelijk veroorzaakt door de structuur van de hersenen. Genoemde onderzoeken impliceren dat het beter functioneren van het visueel-ruimtelijke werkgeheugen zorgt voor een betere onderlegging van de relatie tussen getal en ruimte. Onderzoek met behulp van *functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)* laat zien dat gebrekkig functioneren van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen leidt tot abnormale hersenactiviteit in het pariëtale hersengebied (Chochon, Cohen, Van de Moortele, & Dehaene, 1999; Pinel, Dehaene, Rivière, & LeBihan, 2001). Dit kan leiden tot een problematische ontwikkeling van het rekenen.

Het is belangrijk om de relatie tussen number-space mapping en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen te onderzoeken. Eventuele interventies die ingezet worden tot verbetering van number-space mapping, kunnen zich vervolgens richten op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, indien er een samenhang tussen deze concepten wordt geconstateerd.

### **Selectieve aandacht**

Naast het visueel-ruimtelijk werkgeheugen zijn aandachtsprocessen van belang voor het ontwikkelen van rekenvaardigheden (Stevens & Bavalier, 2012). Om goed te kunnen rekenen, is het nodig om aangeboden informatie op te merken en de aandacht erop gevestigd te houden totdat registratie plaatsvindt in het geheugen. Voor het onderbrengen van informatie in het visueel-ruimtelijk werkgeheugen is aandacht belangrijk (De Hevia et al., 2008). Aandacht kan worden beschouwd als een geheel van processen, waarbinnen de functies selectieve, gefocuste, verdeelde en volgehouden aandacht onderscheiden kunnen worden (Klenberg, Korkman, & Lahti-Nuuttila, 2001). In huidig onderzoek wordt de selectieve aandacht nader onderzocht. Selectieve aandacht kan worden omschreven als het richten van de aandacht op een bepaalde stimulus met een dermate hoge intensiteit, dat het bewustzijn van andere stimuli sterk vermindert of wegvalt (Driver, 2001).

Stevens en Bavalier (2012) suggereren dat er sprake is van een directe relatie tussen selectieve aandacht en rekenvaardigheden. Het is mogelijk dat selectieve aandacht samenhangt met de mate waarin een relatie tussen getal en ruimte gelegd kan worden. Voor het goed kunnen leggen van relaties tussen getallen en ruimte, is het nodig dat de aandacht goed gericht kan worden (Sathian et al., 1999). Het aangeboden krijgen van een getal zorgt ervoor dat de ruimtelijke aandacht gericht wordt op een interne ruimtelijke representatie (Loetscher et al., 2008; Salillas, El Yagoubi, & Semenza, 2008). De positie van het betreffende getal op de mentale getallenlijn wordt in het werkgeheugen vastgehouden. Vervolgens wordt de aandacht gericht op een relevante zichtbare locatie in de externe ruimte.

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar een mogelijk verband tussen selectieve aandacht en number-space mapping. Het is mogelijk dat selectieve aandacht nodig is voor een goede ontwikkeling van number-space mapping. Onderzoek hiernaar is van belang, daar het voor een adequate rekenontwikkeling nodig is, dat eventuele problemen op het gebied van number-space mapping vroegtijdig onderkend worden (Stock et al., 2010). Om eventuele interventies toe te kunnen passen, is het belangrijk te weten of de selectieve aandacht van invloed is op number-space mapping. Interventies zouden in dat geval tevens ingezet kunnen worden op stimulering van de selectieve aandacht. Daarom wordt dit concept in huidig onderzoek nader onderzocht.

### **Huidig onderzoek**

In het huidige onderzoek wordt nagegaan of er sprake is van een relatie tussen number-space mapping en executieve functies bij kinderen van 2 jaar en 7 maanden. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en de selectieve aandacht.

Op grond van bovenstaand literatuuronderzoek is de verwachting dat er een positieve samenhang gevonden wordt tussen number-space mapping, het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en de selectieve aandacht.

## Methoden

### Participanten

In huidig onderzoek hebben 55 kinderen meegedaan. De participanten zijn gevonden middels een *convenience sample*. Ouders van kinderen die geboren zijn tussen 1 februari 2010 en 1 juli 2010 en woonachtig zijn in Utrecht, zijn benaderd middels een via de gemeente verzonden brief. Een aantal ouders is benaderd via internetfora waarop aspecten rondom de opvoeding van het kind worden besproken. De deelnemende 18 jongens (32.7%) en 37 meisjes (67.3 %) hebben allen de leeftijd van 31 maanden ( $M = 30.8$ ,  $SD = 1.0$ ) en zijn van Nederlandse afkomst. De meeste ouders hebben een HBO- of WO-opleiding afgerond, dit betreft 86.5% van de vaders en 92.3% van de moeders. Het jaarlijks inkomen van ruim de helft van de gezinnen waarin de participanten opgroeien, kan als hoog geclassificeerd worden. Bij 31 gezinnen is sprake van een inkomen van € 50.000 of meer (56.4%), 14 gezinnen hebben een inkomen tussen € 35.000 en € 50.000 (25.5%) en vier gezinnen hebben een inkomen tussen € 25.000 en €35.000 (7.3%).

### Procedure

Er zal een kwantitatief onderzoek plaatsvinden, waarbij op één moment metingen worden verricht. Het betreft een exploratief onderzoek, waarmee verbanden tussen verschillende verschijnselen worden onderzocht. De ouders van de participanten zijn voorafgaand aan het onderzoek middels een brief geïnformeerd over het verloop van het onderzoek. Hierbij is de anonieme verwerking van de onderzoeksgegevens benadrukt.

Tijdens de testafname worden bij ieder kind de *Teltaak*, de *Six Boxes Task* en de *Visual Search Task* afgenomen. Elke test wordt individueel afgenomen volgens de testinstructie. De afname van de tests vindt plaats in het Laboratorium Pedagogiek en Onderwijskunde van de Universiteit Utrecht. De duur van de testafname bedraagt ongeveer 25 minuten. De tests zijn onderdeel van een testbatterij van tien onderdelen, waarvan de totale afname twee uur duurt. Om de kinderen gemotiveerd te houden, wordt beloond met een sticker na het voltooien van iedere test. Na afloop van de testafname ontvangt elk kind een leesboekje, als dank voor participatie in het onderzoek.

### Instrumenten

In dit onderzoek zal het impliciete number-space mapping centraal staan. Number-space mapping duidt de relatie tussen getal en ruimte aan. In huidig onderzoek zal impliciete



number-space mapping gemeten worden door het afnemen van de *Teltaak*. Bij het tellen worden numerieke representaties met betrekking tot de mentale getallenlijn geactiveerd en gebruikt (Opfer et.al, 2010; Siegler & Opfer, 2003). Allereerst wordt de kinderen gevraagd een blokje van een rij van drie blokjes weg te nemen, waarbij nagegaan wordt van welke kant de kinderen het blokje weghalen. Vervolgens wordt hen gevraagd een blokje bij een rij met drie blokjes te zetten. Daarna tellen de kinderen een rij van vijf blokjes. Hierbij wordt gekeken naar de strategie die gebruikt wordt. Kinderen kunnen van links naar rechts tellen, van rechts naar links tellen of in een andere volgorde tellen.

Naast number-space mapping zal het visueel-ruimtelijk werkgeheugen worden onderzocht. In het visueel-ruimtelijk werkgeheugen wordt visuele informatie opgeslagen en beschikbaar gehouden voor eventuele bewerkingen (Baddeley et al., 2011). Het visueel-ruimtelijk werkgeheugen kan gemeten worden aan de hand van taken waarbij visuele informatie onthouden en gereproduceerd moet worden. In dit onderzoek zal dit gedaan worden door de afname van de *Six Boxes Task*. Hierbij verstoppert de kinderen zes speelgoedstukken in zes bakjes, waarna zij, na enkele seconden wachttijd, één voor één de stukken op moeten zoeken. Wanneer het kind een bakje geopend heeft, wordt deze opnieuw gesloten. Er wordt hierbij een beroep gedaan op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen doordat onthouden moet worden welke bakjes reeds geleegd zijn. Naarmate de kinderen de taak goed verrichten, neemt de wachttijd met enkele seconden toe. Wanneer meer dan drie opeenvolgende fouten gemaakt zijn, nemen het aantal bakjes en de wachttijd af. De taak is ten einde wanneer het maximaal mogelijke aantal bakjes met de maximaal mogelijke wachttijd waartoe het kind in staat is, geleegd zijn.

Selectieve aandacht zal eveneens worden onderzocht. Selectieve aandacht betreft het richten van de aandacht op één dominante stimulus waarbij nauwelijks aandacht wordt geschonken aan overige stimuli (Driver, 2001). Selectieve aandacht wordt gemeten met behulp van de *Visual Search Task*. Deze taak is één van de belangrijkste binnen onderzoek naar aandacht (Driver, 2001). De taak betreft het aanwijzen van olifanten op een computerscherm waarop zich meerdere dieren bevinden. Van de kinderen wordt verwacht dat zij hun aandacht alleen richten op de olifanten en geen aandacht schenken aan de andere stimuli. De taak wordt geheel doorlopen binnen de door de computer vastgestelde standaardtijd.

Een aantal kinderen is niet in staat geweest alle taken af te ronden. Deze zijn in de analyses van de desbetreffende taak niet meegenomen. In Tabel 1 zijn de *missing values* per taak opgenomen.

Tabel 1

*Missing Values per Taak*

Taak	Missing values
Teltaak: Toevoegen/weghalen	0
Teltaak: Tellen	17
Six Boxes Task	0
Visual Search Task	5

**Data-analyse**

Number-space mapping zal in vergelijking met zowel visueel-ruimtelijk werkgeheugen als selectieve aandacht allereerst in zijn totaliteit bestudeerd worden. De scores op de onderdelen *Toevoegen/Weghalen* en *Tellen* van de *Teltaak* zullen hiervoor samengenomen worden. In deze analyse worden alleen de participanten opgenomen die op beide onderdelen een score hebben behaald ( $n = 38$ ). Er worden twee groepen participanten met elkaar vergeleken: Kinderen die een consistente strategie hanteren door consequent links-rechts of rechts-links te tellen en toevoegen/weghalen en kinderen die een geen strategie of een inconsequente strategie hanteren. Om deze groepen op totale number-space mapping met elkaar en met de score op de *Six Boxes Task* en de *Visual Search Task* te vergelijken, wordt een onafhankelijke t-test gebruikt. Er wordt voldaan aan de voorwaarde van homogeniteit van varianties voor het uitvoeren van de onafhankelijke t-test. Na het uitvoeren van de t-tests zullen de groottes van de eventuele verschillen in gemiddelden worden berekend met behulp van de *Cohen's d*. Er is sprake van een klein effect tussen  $d = .20$  en  $d = .49$ , een middelmatig effect ligt tussen  $d = .50$  en  $d = .79$  en er is sprake van een groot effect bij  $d \geq .80$ .

Vervolgens worden de afzonderlijke scores op de *Teltaak: Toevoegen/Weghalen* en de *Teltaak: Tellen* vergeleken met zowel de *Six Boxes Task* die het visueel-ruimtelijk werkgeheugen meet als de *Visual Search Task* die de selectieve aandacht weergeeft. Hierbij zal dezelfde groepsindeling aangehouden worden als bij de analyse die betrekking heeft op de totale number-space mapping. Tevens zullen dezelfde analyses worden uitgevoerd.

Tenslotte zal de score op de *Teltaak: Tellen* nogmaals vergeleken worden met zowel de *Six Boxes Task* als de *Visual Search Task*. Er zal echter bij het maken van deze vergelijking een andere groepsindeling worden aangehouden. De volgende groepen worden met elkaar vergeleken: Kinderen die van links naar rechts tellen, kinderen die van rechts naar links tellen en kinderen die in een andere volgorde tellen. Voor analyse van *Tellen II* wordt deze groepsindeling aangehouden, omdat uit onderzoek blijkt dat telervaring mogelijk leidt

tot een betere ontwikkeling van de van links naar rechts georiënteerde representaties van getal en ruimte (Loetscher et al., 2008; Opfer et al., 2010). Om mogelijke verschillen tussen deze groepen te kunnen analyseren, wordt een One-way-ANOVA uitgevoerd. De groottes van de eventuele verschillen in gemiddelden worden berekend met behulp van de partial eta squared. Er is sprake van een klein effect bij  $\eta^2=.01$ , er is een middelmatig effect bij  $\eta^2=.06$  en er is een groot effect bij  $\eta^2=.14$ . De Bonferroni post hoc test zal gebruikt worden om na te gaan op welke manier de groepen van elkaar verschillen, indien er sprake blijkt te zijn van een significant effect. Bij de indeling in drie groepen wordt voldaan aan de voorwaarde van homogeniteit van varianties voor het uitvoeren van de One-Way-ANOVA. De score op de *Teltaak: Toevoegen/Weghalen* zal niet verder uitgesplitst worden, daar dan de voorwaarde van homogeniteit van varianties geschonden zou worden. Daarnaast speelt telervaring een minder grote rol bij deze taak in vergelijking tot het *Tellen*.

### Resultaten

Allereerst zijn in Tabel 2 de beschrijvende statistieken per variabele te vinden.

Tabel 2

#### *Beschrijvende Statistieken per Variabele*

Variabele	<i>n</i>	<i>M</i> (SD)
Number-space mapping	38	1.45 (0.5)
Geen/wisselende strategie	21	
Wel strategie	17	
Toevoegen/weghalen	55	1.56 (0.5)
Geen/wisselende strategie	24	
Wel strategie	31	
Tellen I	38	1.79 (0.4)
Geen/wisselende strategie	8	
Wel strategie	30	
Tellen II	38	1.97 (0.6)
Geen/wisselende strategie	8	
Rechts-links tellen	23	
Links-rechts tellen	7	
Visueel-ruimtelijk werkgeheugen	55	4.85 (1.3)
Selectieve aandacht	50	13.80 (3.8)

De resultaten van de analyses zijn te vinden in de Tabellen 3, 4, 5 en 6.

Tabel 3

*Relatie Number-Space Mapping met Werkgeheugen en Selectieve Aandacht*

	Number-space mapping		95% BI voor verschil in gem.	<i>t</i>	df	Cohen's <i>d</i>
	Geen/wisselende strategie	Wel strategie				
	<i>M</i> (SD)	<i>M</i> (SD)				
Werkgeheugen	4.81 (1.1) <sup>a</sup>	4.82 (1.2) <sup>b</sup>	[-.78, .75]	-0.04	36	-.01
Selectieve aandacht	15.32 (3.2) <sup>c</sup>	12.44 (4.5) <sup>d</sup>	[.24, 5.52]	2.22*	33	.77

*Noot.* BI = betrouwbaarheidsinterval.

<sup>a</sup>*n* = 21. <sup>b</sup>*n* = 17. <sup>c</sup>*n* = 19. <sup>d</sup>*n* = 16.

\* *p* < .05

Tabel 4

*Relatie Toevoegen/Weghalen met Werkgeheugen en Selectieve Aandacht*

	Toevoegen/Weghalen		95% BI voor verschil in gem.	<i>t</i>	df	Cohen's <i>d</i>
	Wisselend/Anders	Beide links/rechts				
	<i>M</i> (SD)	<i>M</i> (SD)				
Werkgeheugen	4.71 (1.1) <sup>a</sup>	4.97 (1.4) <sup>b</sup>	[-.78, 0.75]	-.72	53	-.20
Selectieve aandacht	15.76 (3.0) <sup>c</sup>	12.38 (3.8) <sup>d</sup>	[0.24, 5.52]	3.40*	48	.98

*Noot.* BI = betrouwbaarheidsinterval.

<sup>a</sup>*n* = 24. <sup>b</sup>*n* = 31. <sup>c</sup>*n* = 21. <sup>d</sup>*n* = 29.

\* *p* < .05

Tabel 5

*Relatie Tellen met Werkgeheugen en Selectieve Aandacht I*

	Tellen		95% BI voor verschil in gem.	<i>t</i>	df	Cohen's <i>d</i>
	Niet links/rechts	Links/rechts				
	<i>M</i> (SD)	<i>M</i> (SD)				
Werkgeheugen	4.88 (1.1) <sup>a</sup>	4.80 (1.2) <sup>b</sup>	[-.85, 1.00]	.16	36	.05
Selectieve aandacht	14.75 (3.0) <sup>c</sup>	13.78 (4.3) <sup>d</sup>	[-2.37, 4.31]	.59	33	.21

*Noot.* BI = betrouwbaarheidsinterval.

<sup>a</sup>*n* = 8. <sup>b</sup>*n* = 30. <sup>c</sup>*n* = 8. <sup>d</sup>*n* = 27.

Tabel 6

*Relatie Tellen met Werkgeheugen en Selectieve Aandacht II*

	Tellen			df1, df2	F	p	$\eta^2$
	Anders	Rechts-links	Links-rechts				
	M (SD)	M (SD)	M (SD)				
Werkgeheugen	4.88 (1.1) <sup>a</sup>	4.52 (1.2) <sup>b</sup>	5.71 (0.5) <sup>c</sup>	2, 35	3.35	<.05	.16
Selectieve aandacht	14.75 (3.0) <sup>d</sup>	14.10 (3.6) <sup>e</sup>	12.67 (6.7) <sup>f</sup>	2, 32	0.46	.64	.03

<sup>a</sup> n = 8. <sup>b</sup> n = 23. <sup>c</sup> n = 7. <sup>d</sup> n = 8. <sup>e</sup> n = 21. <sup>f</sup> n = 6.

### **Is er een relatie tussen number-space mapping en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen bij kinderen van 2 jaar en 7 maanden?**

Uit de beschreven resultaten in Tabel 3 blijkt dat er geen significant verschil tussen de gemiddelden van de groepen die wel of geen signalen van totale number-space mapping vertonen in relatie tot het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Tabel 4 wijst uit dat er geen significant verschil gevonden is tussen groepen die wel of geen strategie gebruiken bij het toevoegen en weghalen van een blokje met betrekking tot het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Daarnaast is er geen significant verschil gesignaleerd tussen de groepen die tellen met of zonder signalen van number-space mapping in relatie tot het visueel-ruimtelijk werkgeheugen (Tabel 5). Er is daarentegen wel sprake van een significant verschil tussen de groepen met betrekking tot het visueel-ruimtelijk werkgeheugen wanneer bij het tellen de telrichting meegenomen wordt in de analyses, zoals Tabel 6 aangeeft. De Bonferroni post hoc test wijst uit dat kinderen die van links naar rechts tellen significant hoger scoren op de *Six Boxes Task* dan kinderen die van rechts naar links tellen ( $M_{verschil} = 1.19, p < .05$ ). Er is sprake van een groot effect (Tabel 6).

### **Is er een relatie tussen number-space mapping en de selectieve aandacht bij kinderen van 2 jaar en 7 maanden?**

In Tabel 3 is te vinden dat er een significant negatief verschil bestaat tussen de gemiddelden van de verschillende groepen binnen de totale number-space mapping in relatie tot selectieve aandacht, waarbij sprake is van een groot effect. Wanneer number-space mapping nader gespecificeerd wordt, wordt er eveneens een significant negatief verschil gevonden tussen de verschillende groepen binnen number-space mapping bij het toevoegen of weghalen van een blokje omtrent selectieve aandacht (zie Tabel 4). Er is sprake van een groot effect. Bij kinderen die weinig tot geen signalen tonen van number-space mapping bij het toevoegen en weghalen van een blokje is de selectieve aandacht beter ontwikkeld dan bij kinderen met

signalen van number-space mapping bij het toevoegen en weghalen. Uit Tabel 5 blijkt dat er geen significant verschil gevonden is tussen de verschillende groepen betreffende number-space mapping bij het tellen van blokken in relatie tot selectieve aandacht. Zoals Tabel 6 uitwijst, is er tevens geen verschil tussen deze groepen wanneer bij het tellen de telrichting meegenomen wordt in de analyses.

### **Discussie en conclusie**

Het leggen van relaties tussen getal en ruimte, number-space mapping, speelt een belangrijke rol in het dagelijks leven. De kennis van de relatie tussen representaties van getal en ruimte helpt een individu om de omgeving te begrijpen (Dehaene & Brannon, 2010). Daarnaast is number-space mapping een mogelijke voorspeller van wiskundige vaardigheden (De Hevia & Spelke, 2008; Hubbard et al., 2005). Number-space mapping dient om deze redenen een groot individueel en maatschappelijk belang. Daarom is in huidig onderzoek gekeken naar functies die mogelijk samenhangen met de vroege ontwikkeling van number-space mapping bij kinderen van 2 jaar en 7 maanden. Er is verwacht dat er sprake is van een positieve relatie tussen number-space mapping en het visueel ruimtelijk werkgeheugen (Stevens & Bavalier, 2012). Daarnaast is een positieve relatie tussen number-space mapping en selectieve aandacht verwacht (Sathian et al., 1999; Stevens & Bavalier, 2012).

Huidig onderzoek laat bij kinderen van 2 jaar en 7 maanden geen relatie zien tussen de totale number-space mapping en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Dit resultaat komt niet overeen met de verwachtingen op basis van de studie van Stevens en Bavalier (2012). Deze studie richt zich echter op reeds ontwikkelde rekenvaardigheden, terwijl huidig onderzoek zich niet op deze specifieke rekenvaardigheden richt. Bij specifieke rekenvaardigheden wordt een groot beroep gedaan op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, omdat het tijdens rekenactiviteiten van belang is om informatie vast te houden en te bewerken in het werkgeheugen (Stevens & Bavalier, 2012). Bij voorbereidende rekenvaardigheden is hier minder sprake van. Daar de aanwezigheid van number-space mapping bij kinderen van 2 jaar en 7 maanden behoort tot voorbereidende rekenvaardigheden (De Hevia & Spelke, 2010), is het mogelijk dat de relatie tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en number-space mapping nog niet zichtbaar is. Daarnaast is het mogelijk dat de focus op impliciete number-space mapping binnen huidig onderzoek, wat in tegenstelling staat tot eerdere onderzoeken, leidt tot een afwezigheid van de verwachte relaties. Expliciete number-space mapping is buiten beschouwing gelaten. Bij expliciete number-space mapping wordt mogelijk een groter beroep gedaan op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen dan bij impliciete number-space

mapping, omdat het kind dan actief een voorspelling moet maken over de relatie tussen getal en ruimte (Siegler & Opfer, 2003).

Huidig onderzoek laat wel zien dat er een relatie bestaat tussen de telrichting die kinderen van 2 jaar en 7 maanden toepassen en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen. Deze bevinding komt overeen met implicaties uit eerder onderzoek (De Hevia et al., 2008; Stevens & Bavalier, 2012). Kinderen die van links naar rechts tellen tonen een beter ontwikkeld visueel-ruimtelijk werkgeheugen dan kinderen die van rechts naar links tellen. Het van links naar rechts tellen duidt op een goede ontwikkeling van de mentale getallenlijn (Loetscher et al., 2008). Wanneer kinderen leren om een verder ontwikkelde strategie toe te passen, zullen zij gaan tellen van links naar rechts (Loetscher et al., 2008). De eerdergenoemde bevinding dat er geen relatie gevonden is tussen het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en het toevoegen en weghalen van een blokje komt voort uit het feit dat in onderzoek van deze relatie kinderen opgenomen zijn die niet kunnen tellen. Doordat het tellen bij deze kinderen vanwege weinig telervaring nog niet voldoende is ontwikkeld, is er mogelijk nog geen duidelijke relatie met het visueel-ruimtelijk werkgeheugen aanwezig. Telervaringen dragen bij aan een goed ontwikkeld visueel-ruimtelijk werkgeheugen doordat er vanwege het onthouden en koppelen van numerieke informatie aan ruimtelijke representaties een groter beroep wordt gedaan op het visueel-ruimtelijk werkgeheugen (Herrera et al, 2008).

In eerder onderzoek is gevonden dat ruimtelijke aandacht belangrijk is voor het tellen en voor het activeren van de mentale getallenlijn (Salillas et al., 2008; Sathian et al., 1999; Siegler & Opfer, 2003). Stevens en Bavalier (2012) geven daarbij aan dat relaties tussen selectieve aandacht en rekenvaardigheden nog niet volledig onderzocht zijn en uitspraken daarover nog enige mate van speculatie bevatten. Huidig onderzoek heeft uitgewezen dat een goede ontwikkeling van selectieve aandacht niet noodzakelijk is voor de ontwikkeling van number-space mapping: Er is sprake van een negatief verband tussen number-space mapping en de selectieve aandacht. Kinderen die minder ontwikkeling laten zien in number-space mapping tonen een beter ontwikkelde selectieve aandacht. Huidig onderzoek bevestigt daarmee niet het vermoeden van een positieve relatie tussen selectieve aandacht en number-space mapping. Dit hangt mogelijk samen met de bevinding dat number-space mapping bij veel onderzochte kinderen nog van rechts naar links gevormd is. Wanneer alle kinderen de telrichting ontwikkelen van links naar rechts, is het mogelijk dat de relatie met selectieve aandacht wijzigt. Daarnaast ligt een mogelijke verklaring voor de negatieve relatie tussen number-space mapping en selectieve aandacht in de mate van stimulatie door de omgeving. Uit onderzoek is gebleken dat stimulatie vanuit de omgeving een gunstige invloed kan hebben

op de aandacht bij kinderen (Daly, Creed, Xanthopoulos, & Brown, 2007). Bij de taak waarmee selectieve aandacht is nagegaan, hebben de kinderen veel directe feedback ontvangen. Ieder gevonden object is direct afgestreept op het scherm. Daarnaast zijn de kinderen door verbale aanmoedigingen vanuit de omgeving sterk gestimuleerd om objecten te zoeken. Het verlenen van gerichte en constructieve feedback versterkt de aandachtsfocus en de duur van de aandacht (Roeyers & Baeyens, 2007). Bij de taak die number-space mapping gemeten heeft, is minder gerichte feedback gegeven. Het zou kunnen zijn dat de mate van gevoeligheid voor feedback invloed heeft op de gemeten selectieve aandacht en number-space mapping. Mogelijk komen kinderen die gevoeliger zijn voor het ontvangen van feedback tot hogere prestaties op de taak voor selectieve aandacht dan op de taak die number-space mapping meet. Kinderen die minder gevoelig zijn voor het ontvangen van directe feedback zullen op de selectieve aandachtstaak mogelijk tot relatief minder hoge prestaties worden geleid en op de number-space mapping taak relatief beter presteren. In nader onderzoek kan nagegaan worden of de gevoeligheid voor feedback invloed heeft op de selectieve aandacht en number-space mapping door meerdere onderzoeksinstrumenten met en zonder feedback af te nemen. In tegenstelling tot de negatieve relatie tussen number-space mapping en selectieve aandacht is er geen relatie gevonden tussen de verschillende groepen qua telrichting en selectieve aandacht. Dit kan verklaard worden doordat aandacht altijd gevestigd moet worden op het tellen, vanwege het direct leggen van een relatie tussen getallen en ruimtelijke objecten (Sathian et al., 1999). Hierbij lijkt het niet van belang te zijn in welke richting geteld wordt.

Opvallend in huidig onderzoek is dat veel kinderen van 2 jaar en 7 maanden reeds een concept van getal en ruimte hebben ontwikkeld en deze toepassen bij het oplossen van numerieke taken. Deze bevinding komt overeen met eerder onderzoek (De Hevia et al., 2008; Fischer, 2001). Er blijkt echter in huidig onderzoek wel vaak sprake te zijn van rechts-links georiënteerde mapping. Naarmate de kinderen ouder worden, zullen zij meer links-rechts georiënteerde number-space mapping ontwikkelen (Loetscher et. al., 2008).

In huidig onderzoek zijn gezinnen in Utrecht benaderd. Veel mensen die besluiten over te gaan tot participatie in het onderzoek, zijn hoog opgeleid en beschikken over een hoog inkomen. In gezinnen met een hoge sociaal-economische status (SES) worden kinderen cognitief veel gestimuleerd en geprikkeld (Curenton & Justice, 2008). Hoog opgeleide ouders stellen zich als doel hun kinderen vroeg kennis over taal en getallen bij te brengen (Rodriguez & Tamis-LeMonda, 2011; Schady, 2011). Dit leidt tot een goede vroege ontwikkeling van zowel taal- als rekenkundige vaardigheden. Onderzoek van Roberts, Bornstein, Slater en Barrett (1999) toont aan dat er vanaf dat een kind 12 maanden oud is, een duidelijke positieve



relatie zichtbaar is tussen het opleidingsniveau van ouders en de cognitieve ontwikkeling van kinderen. Een andere manier van steekproeftrekken zou er voor kunnen zorgen dat er meer gezinnen met een lage SES participeren in het onderzoek. Dit leidt tot een representatiever beeld van de samenleving. Tevens is het mogelijk dat er dan meer kinderen in het onderzoek participeren die nog niet over een duidelijk concept van getal en ruimte beschikken, omdat er in gezinnen met een lage SES over het algemeen minder stimulatie van cognitieve vaardigheden plaatsvindt (Curenton & Justice, 2008). Deze variatie binnen de onderzoeksgroep zou kunnen leiden tot andere onderzoeksuitkomsten.

Er is sprake van een aantal beperkingen en sterke kanten in huidig onderzoek. Allereerst zijn de resultaten bij de concepten number-space mapping, visueel-ruimtelijk werkgeheugen en selectieve aandacht gebaseerd op slechts één taak. De betrouwbaarheid van het onderzoek kan vergroot worden door meerdere taken toe te voegen. Wel is impliciete number-space mapping uitgebreid onderzocht, door de taak op diverse wijzen te analyseren. Hierdoor kunnen er duidelijke uitspraken gedaan worden over het concept. Een tweede beperking vormen de ongelijke groepsgroottes. Dit leidt tot minder mogelijkheden in het uitvoeren van statistische berekeningen. De gehanteerde procedure in huidig onderzoek is ethisch verantwoord. De kinderen zijn gemotiveerd tijdens het onderzoek en hebben een presentje ontvangen als dank voor participatie. Ouders zijn goed geïnformeerd en de onderzoeksgegevens zijn anoniem verwerkt.

Huidig onderzoek heeft meer inzicht verschaft in diverse aspecten van impliciete number-space mapping in relatie tot het visueel-ruimtelijk werkgeheugen en de selectieve aandacht. Er is meer zicht ontstaan op de relatie tussen number-space mapping en enkele executieve functies. Het kan van belang zijn bij nader onderzoek expliciete number-space mapping op te nemen in het proces. Dit concept is bij jonge kinderen onder andere te meten door gebruik te maken van eye-trackertaken (Aslin & McMurray, 2004). Daarnaast kan nagegaan worden of de mate van gevoeligheid voor feedback van invloed is op de relatie tussen number-space mapping en selectieve aandacht.

Huidig onderzoek biedt praktische aanbevelingen ten behoeve van eerder genoemd maatschappelijk belang. Wanneer reeds op jonge leeftijd problemen op het gebied van number-space mapping gesignaleerd worden, kan tijdig besloten worden te interveniëren (Stock et al, 2010). Het is belangrijk om in interventies en in voorschools onderwijs op het gebied van voorbereidende rekenvaardigheden naast number-space mapping in te zetten op stimulering van het visueel-ruimtelijk werkgeheugen, gezien de aanwijzingen in huidig onderzoek voor een relatie tussen beide concepten. Tevens impliceert huidig onderzoek dat

het opdoen van telervaringen van belang is voor de ontwikkeling van number-space mapping. Stimulatie van tellen in de voorschoolse omgeving en thuisomgeving is daarom van belang. De bevinding dat er een beperkte positieve relatie is tussen number-space mapping en het visueel-ruimtelijk werkgeheugen biedt evenals het gevonden negatieve verband tussen number-space mapping en de selectieve aandacht interessante mogelijkheden voor zowel praktijkinterventies als vervolgonderzoek.

#### Referenties

- Adolph, K. E. (1997). Learning in the development of infant locomotion. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 62*, 1-162. doi:10.1111/1467-9270.00238
- Ansari, D., & Dhital, B. (2006). Age-related changes in the activation of the intra-parietal sulcus during non-symbolic magnitude processing: An event-related functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 18*, 1820-1828. doi:10.1162/jocn.2006.18.11.1820
- Ansari, D., Nicolas, G., Lucas, E., Hamon, K., & Dhital, B. (2005). Neural correlates of symbolic number processing in children and adults. *Brain Imaging, 16*, 1769-1773. Retrieved from: <http://numericalcognition.org/wp-content/uploads/2011/11/Ansari-et-al2005.pdf>.
- Aslin, R. N., & McMurray, B. (2004). Automated corneal-reflection eye tracking in infancy: Methodological developments and applications to cognition. *Infancy, 6*, 155-163.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., & Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia, 49*, 1393-1400. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.042
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Red.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 47-89). London: Academic Press.

Cappelletti, M., Freeman, E. D., & Cipolotti, L. (2007). The middle house or the middle floor:

Bisecting horizontal and vertical mental number lines in neglect. *Neuropsychologia*, *45*, 2989-3000. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.014

Chochon, F., Cohen, L., Van de Moortele, P. F., & Dehaene, S. (1999). Differential

contributions of the left and right inferior parietal lobules to number processing.

*Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*, 617-630. doi:10.1162/089892999563689

Clearfield, M. W. (2004). The role of crawling and walking experience in infant spatial

memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, *89*, 214-241.

doi:10.1016/j.jecp.2004.07.003

Curenton, S. M., & Justice, L. M. (2008). Children's preliteracy skills: Influence of mothers'

education and beliefs about shared reading interactions. *Early Education and*

*Development*, *19*, 261-283. doi:10.1080/10409280801963939

Daly, B. P., Creed, T., Xanthopoulos, M., & Brown, R. T. (2007). Psychosocial treatments for

children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychology Review*, *17*,

73-89. doi:10.1007/s11065-006-9018-2

Dehaene, S., & Brannon, E. M. (2010). Space, time and number: A Kantian research program.

*Trends in Cognitive Science*, *14*, 517-519. doi:10.1016/j.tics.2010.09.009

De Hevia, M. D., Girelli, L., & Vallar, G. (2006). Numbers and space: A cognitive illusion?

*Experimental Brain Research*, *168*, 254-264.

De Hevia, M. D., & Spelke, E. S. (2008). Spontaneous mapping of number and space in

adults and young children. *Cognition*, *110*, 198-207. doi:10.1016/j.cognition.2008.11.0

03

De Hevia, M. D., & Spelke, E. S. (2010). Number-space mapping in human infants.

*Psychological Science*, *21*, 653-660. doi:10.1177/0956797610366091

- De Hevia, M. D., Vallar, G., & Girelli, L. (2008). Visualizing numbers in the mind's eye: The role of the visuo-spatial processes in numerical abilities. *Neuroscience and Biobehavior Reviews*, *32*, 1361-1372. doi:10.1016/j.neubiorev.2008.05.015
- Driver, J. (2001). A selective review of selective attention research from the past century. *British Journal of Psychology*, *92*, 53-78.
- Fischer, M. H. (2001). Number processing induces spatial performance biases. *Neurology*, *57*, 822-826.
- Gallistel, C. R., & Gelman, R. (2000). Non-verbal numerical cognition: From reals to integers. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*, 59-65. doi:10.1016/S1364-6613(99)01424-2
- Herrera, A., Macizo, P., & Semenza, C. (2008). The role of working memory in the association between number and space. *Acta Psychologica*, *128*, 225-237. doi:10.1016/j.actpsy.2008.01.002
- Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P., & Deheane, S. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. *Neuroscience*, *6*, 435-448. doi:10.1038/nrn1684
- Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuuttila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old Finnish children. *Developmental Neuropsychology*, *20*, 407-428. doi:10.1207/S15326942DN2001\_6
- Loetscher, T., Bockisch, C. J., & Brugger, P. (2008). Looking for the answer: The mind's eye in number space. *Neuroscience*, *151*, 725-729. doi:10.1016/j.neuroscience.2007.07.068
- Moyer, R. S., & Landauer, T. K. (1967). The time required for judgments of numerical inequality. *Nature*, *215*, 1519-1520. doi:10.1038/2151519a0
- Opfer, J. E., & Furlong, E. E. (2011). How numbers bias pre-schoolers spatial search. *Journal of Cross-cultural Psychology*, *42*, 682-695. doi:10.1177/0022022111406098

- Opfer, J. E., & Thompson, C. A. (2006). Even early representations of numerical magnitude are spatially organized: Evidence for a directional magnitude bias in pre-reading preschoolers. In R. Sun & N. Miyaki (Eds.), *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 639-644). Mahwah, New Jersey: Erlbaum.
- Opfer, J. E., Thompson, C. A., & Furlong, E. E. (2010). Early development of spatial-numeric associations: Evidence from spatial and quantitative performance of preschoolers. *Developmental Science, 13*, 761-771. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00934.x
- Pinel, P., Dehaene, S., Rivière, D., & LeBihan, D. (2001). Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task. *Neuroimage, 14*, 1013-1026. doi:10.1006/nimg.2001.0913
- Repovs, G., & Baddeley, A. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience, 139*, 5-21. doi:10.1016/j.neuroscience.2005.12.061
- Roberts, E., Bornstein, M. H., Slater, A. M., & Barrett, J. (1999). Early cognitive development and parental education. *Infant and Child Development, 8*, 42-69. doi:10.1002/(SICI)1522-7219(199903)8:1<49::AID-ICD188>3.0.CO;2-1
- Rodriguez, E. T., & Tamis-LeMonda, C. S. (2011). Trajectories of the home learning environment across the first 5 years: Associations with children's vocabulary and literacy skills at prekindergarten. *Child Development, 82*, 1058-1075. doi:10.1111/j.1467-8624.2011.01614.x
- Roeyers, H., & Baeyens, D. (2007). Aandachtsprocessen. In K. Verschueren, & H. Koomen (Red.), *Handboek Diagnostiek in de leerlingenbegeleiding* (pp. 125-134). Apeldoorn: Garant-Uitgevers.

Salillas, E., El Yagoubi, R., & Semenza, C. (2008). Sensory and cognitive processes of shifts of spatial attention induced by numbers: An ERP study. *Cortex*, *44*, 406-423.

doi:10.1016/j.cortex.2007.08.006

Sathian, K., Simon, T. J., Peterson, S., Patel, G. A., Hoffman, J. M., & Grafton, S. T. (1999). Neural evidence linking visual object enumeration and attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*, 36-51.

Schady, N. (2011). Parents' education, mothers' vocabulary, and cognitive development in early childhood: Longitudinal evidence from Ecuador. *American Journal of Public Health*, *101*, 2299-2307. doi:10.2105/AJPH.2011.300253

Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The development of numerical estimation: Evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, *14*, 237-243.

doi:10.1111/1467-9280.02438

Stevens, C., & Bavelier, D. (2012). The role of selective attention on academic foundations: A cognitive neuroscience perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *2*, 30-48.

doi:10.1016/j.dcn.2011.11.001

Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2010). Detecting children with arithmetic disabilities from kindergarten: Evidence from a 3-year longitudinal study on the role of preparatory arithmetic disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *43*, 250-268.

doi:10.1177/0022219409345011

Walsh, V. A. (2003). A theory of magnitude: Common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*, 483-488. doi:10.1016/j.tics.2003.09.002

Zebian, S. (2005). Linkages between number concepts, spatial thinking, and directionality of writing: The SNARC effect and the reverse SNARC effect in English and Arabic monoliterates, biliterates, and illiterate Arabic speakers. *Journal of Cognition and Culture*, *5*, 165-190. doi:10.1163/1568537054068660